

B 02-5a

Gemeinde Politische Gemeinde Au

Bauobjekt **FVV Brücke Au-Lustenau**

Plan, Massstab **Flussbauliches Gutachten (Flussbau AG)**

Projektverfasser Arbeitsgemeinschaft "Verweilen": Masotti/Pini Group/Orsi/Land c/o Masotti & Associati SA 6501 Bellinzona (TI) Tel. +41 (0)91 825 52 40 Plan Nr.: M 2098 – B02-5a	Vom Gemeinderat erlassen am:..... Der GemeindepräsidentDer Gemeindeschreiber Öffentliche Auflage vom:.....bis.....		
Plan03.B 02-5a ProjektR 001 Mn/FGS FinV	Ausfertigung für		FormatA4
Vorstudie	Entwurf	Gezeichnet	GeprüftDatum
Vorprojekt			31.07.2024
Bauprojekt	Rev. A		30.08.2024
Genehmigungs-/Auflageprojekt			
Ausschreibung			
Ausführungsprojekt			
Dok. des ausgeführten Werks			



Fuss- und Veloverkehrsbrücke (FVV-Brücke) Au – Lustenau

Flussbauliches Gutachten Bauprojekt



Zürich, den 2. Mai 2023

ergänzt 26. Februar 2024

ergänzt 26. April 2024

ergänzt 25. Juni 2024



Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Holbeinstr. 34, CH-8008 Zürich, Tel. 044 251 51 74, sah.zh@flussbau.ch

Auftraggeber

Gemeindeverwaltung Au
Kirchweg 6
Postfach
CH - 9434 Au

Projektleiter:

Rafael Wyrsh
+41 81 287 10 52
r.wyrsh@cwz.ch

Casutt Wyrsh Zwicky AG
Sägenstrasse 97
CH - 7000 Chur

Projektverfasser



Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Holbeinstrasse 34
CH - 8008 Zürich

Projektleiter:

Fabian Friedl
+41 44 251 51 74
fabian.friedl@flussbau.ch

Ueli Schälchli
ueli.schaelchli@flussbau.ch

Projektnummer:

Nr. 20115

Bild Titelblatt: Luftbild mit Standort Oberfahr der Fuss- und Veloverkehrsbrücke Au - Lustenau (rot) und Rhein-Kilometrierung

Inhalt

1	Einleitung.....	5
1.1	Aufgabenstellung	5
1.2	Grundlagen	6
1.3	Höhenbezugssystem.....	7
2	Vorgehen.....	8
2.1	Numerische Modelle	8
2.2	Dimensionierungsgrößen und Randbedingungen	8
2.2.1	Dimensionierungsereignis und Freibord	8
2.2.2	Schwemmholz.....	10
2.2.3	Geometrie Bestand	10
2.2.4	Fuss- und Veloverkehrsbrücke	11
3	Hochwasserspiegel	12
3.1	Übersicht Szenarien	12
3.2	Szenario 1: Hochwasserspiegel im Bestand.....	13
3.3	Szenario 2: Hochwasserspiegel im Bestand mit FVV-Brücke.....	13
3.4	Szenario 3: Hochwasserspiegel im Bestand mit FVV-Brücke und Verklauung Brückenpfeiler.....	16
3.5	Szenario 4: Hochwasserspiegel mit Rhessi.....	18
4	Auf Pfeiler wirkende Kräfte.....	19
5	Fundation der Brückenpfeiler	20
5.1	Kolkiefen	20
5.2	Massnahmen.....	22
5.2.1	Varianten.....	22
5.2.2	Gewählte Pfeilerfundation und Kolkschutzsicherung.....	24
6	Bau der Brücke.....	27
6.1	Bauablauf	27
6.2	Wassergefahr während des Baus	27
7	Zusammenfassung.....	30

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die Politische Gemeinde Au (CH) und die Marktgemeinde Lustenau (AUT) beabsichtigen, eine neue Fuss- und Veloverkehrsbrücke (FFV-Brücke) über den Rhein zu erstellen. Im nächsten Schritt wird das Bauprojekt durch die Arbeitsgemeinschaft "Verweilen" erstellt.

Dafür sind das flussbauliche Gutachten, das von der Flussbau AG für den Projektwettbewerb erstellt wurde, zu überarbeiten und die Stellungnahmen der Sachverständigen zu berücksichtigen. Dabei sollen folgende Punkte bearbeitet werden:

- Aufzeigen der Auswirkungen der FVV-Brücke auf die **Hochwassersicherheit** für den Rhein im Bestand und im Zustand nach Umsetzung des Projekts Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke (Rhesi) [3] (inkl. **Freibordbetrachtung** und Szenario **Teilverkläusung** an den Pfeilern).
- Berechnung der beim Dimensionierungsabfluss auf die **Pfeiler** wirkenden **Kräfte** für die Lastfälle Teilverkläusungen und Aufprall Baumstamm.
- Abschätzen der zu erwartenden morphologischen **Kolk-tiefen** für die Rheingeometrie im Zustand nach Umsetzung Rhesi.
- **Abfluss- und Wasserspiegelstatistik** für die Monate November bis Mai als Grundlage für die Planung des Baus (u.a. Installationsplatz, Baugruben, Alarm- und Notfallkonzept).

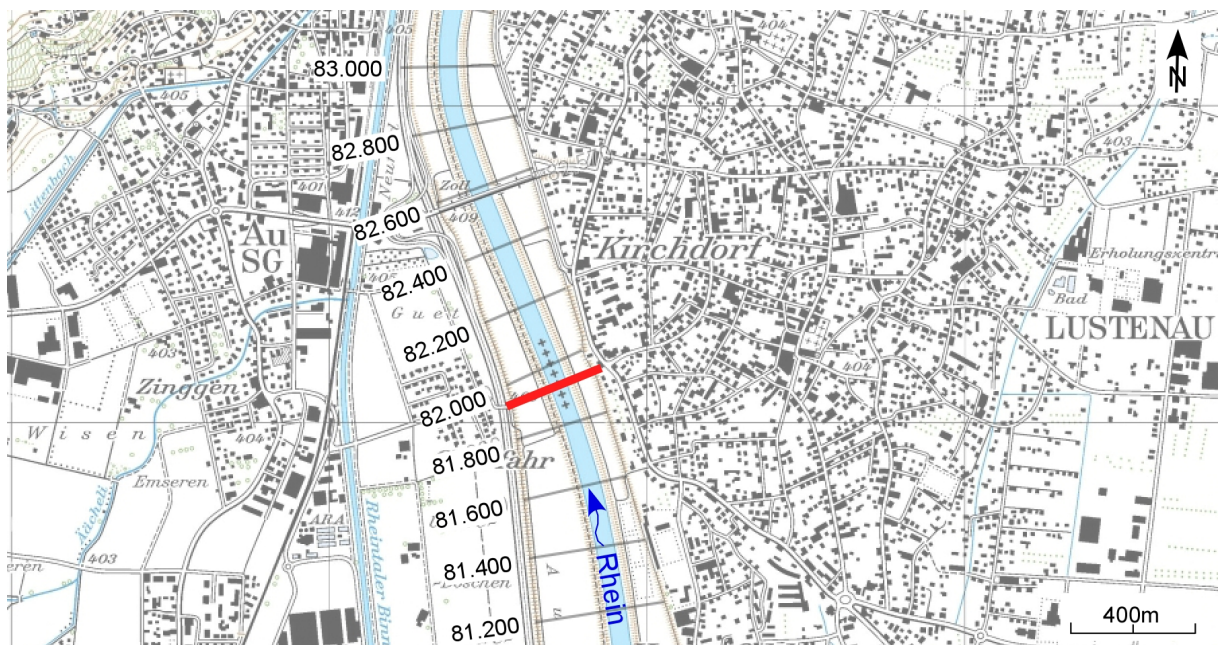


Bild 1 Situation mit dem Standort der Fuss- und Veloverkehrsbrücke Au - Lustenau (rot) und der Lage der vermessenen Rhein-Querprofile

1.2 Grundlagen

- [1] Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). Wasser Energie Luft – 105. Jahrgang, 2013, Heft 1.
- [2] C 101 – Fachplanung Hydraulik und Geschiebe - Nachweise Hochwasserschutz (2018). Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91, Generelles Projekt. Planungsgemeinschaft Zukunft Alpenrhein. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [3] Teil B: Vorhabensbeschreibung - Technischer Bericht (2022) Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91, Genehmigungsprojekt. Planungsgemeinschaft Zukunft Alpenrhein. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [4] Teil C: Sonstige Unterlagen - Modellierung Hydraulik und Geschiebe (2022). Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91, Genehmigungsprojekt. Flussbau AG. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [5] Hybride Modellversuche – Abschnitt Widnau/Höchst km 81.1 bis km 86.4 (Stand Oktober 2022). Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91. VAW Nr. 4368/1 Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [6] Kolke an Brückenpfeilern – Modellversuche – Gesamtbericht (November 2022). Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91. Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Technische Universität Wien. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [7] Bauarbeiten in Grundwasserschutzzonen und -arealen (Zonen S) (Juli 2001), Merkblatt, Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen.
- [8] Allgemeine gewässerschutztechnische Auflagen für den Baustellenbetrieb im Gewässerbereich (September 2015), Merkblatt, Amt der Vorarlberger Landesregierung.
- [9] B01 - Technischer Bericht (24.06.2021). Vorprojekt - Langsamverkehrsbrücke Au - Lustenau. Arbeitsgemeinschaft "Verweilen": Masotti/Straub/Orsi/Land. Im Auftrag der Politischen Gemeinde Au und der Marktgemeinde Lustenau.
- [10] B06 - Passerelle: Bauwerksplan (Ansicht, Grundriss, Längsschnitt) (24.06.2021). Vorprojekt - Langsamverkehrsbrücke Au - Lustenau. Arbeitsgemeinschaft "Verweilen": Masotti/Straub/Orsi/Land. Im Auftrag der Politischen Gemeinde Au und der Marktgemeinde Lustenau.
- [11] B07 - Passerelle: Überbau / Pfeiler / Widerlager / Details (24.06.2021). Vorprojekt – Langsamverkehrsbrücke Au - Lustenau. Arbeitsgemeinschaft "Verweilen": Masotti/Straub/Orsi/Land. Im Auftrag der Politischen Gemeinde Au und der Marktgemeinde Lustenau.
- [12] Teil C: Sonstige Unterlagen – Projektbasis Brücke Au-Lustenau km 82.570 (2022). Hochwasserschutz Alpenrhein - Internationale Strecke, km 65 – km 91, Genehmigungsprojekt. Bänziger Partner AG AG. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.

- [13] Situation und Schnitte im Bereich der Widerlager der geplanten Langsamverkehrsbrücke. Planergemeinschaft Zukunft Alpenrhein (Email A. Meng, Basler & Hofmann, vom 1.11 und 23.11.2023).
- [14] Situation und Schnitte im Bereich der geplanten Langsamverkehrsbrücke auf Seite Lustenau. Planergemeinschaft Zukunft Alpenrhein (Email A. Meng, Basler & Hofmann, vom 14.12.2023).
- [15] FVV Brücke Au-Lustenau. Pfeiler P1 / P2 / P3: Detailplan / Fundationsarbeiten B 01-11. Arbeitsgemeinschaft "Verweilen": Masotti / Pini Group / Orsi / Land.
- [16] Bezzola Gian Reto: Vorlesungsmanuskript Flussbau (2003). ETH Zürich.

1.3 Höhenbezugssystem

Die Höhenangaben im vorliegenden Gutachten sind in Meter über Meer (m ü. M.) angegeben und beziehen sich auf das schweizerische System mit Referenzpunkt Mittelmeer/Marseille. Die Höhen liegen somit 7 cm über dem österreichischen Bezugssystem mit Referenzpunkt Adria/Triest.

2 Vorgehen

2.1 Numerische Modelle

Für die hydraulischen Berechnungen wurden die 1-dimensionalen Modelle verwendet, die für das Projekt Hochwasserschutz Alpenrhein der Internationalen Rheinregulierung entwickelt und kalibriert wurden. Die Modelle erstrecken sich von km 50.0 (Buchs) bis zum unteren Ende der Vorstreckung (km 94.5). Die Berechnungen wurden mit dem Programm MORMO durchgeführt.

Modell Bestand

Das Bestandsmodell basiert auf den 2018/19 vermessenen Querprofilen des Alpenrheins [4].

Modell Bestand mit FVV-Brücke und Anpassungen der Dammböschungen

Bei den Widerlagern der neuen FVV-Brücke sollen mit dem Bau die wasserseitigen Dammböschungen auf den Fall mit Rhesi angepasst werden. Dies führt zu einer gewissen Einengung der Vorländer [13] [14].

Modell mit Hochwasserschutzprojekt Alpenrhein, Internationale Strecke (Rhesi)

Für den Zustand mit Rhesi wurde die Geometrie des Genehmigungsprojekts ([3] und [4]) verwendet. Dieses Szenario stellt die Grundlage zur Ermittlung der minimalen Höhe der Brückenunterkante dar.

Verklausung Brückenpfeiler

Bei den Modellberechnungen mit FVV-Brücke wurden Verklausungen der Brückenpfeiler durch Schwemmholz berücksichtigt. Dabei kommt es im Oberwasser zu einem gewissen Wasserspiegelaufstau.

Lage der FVV-Brücke

Die geplante FVV-Brücke verläuft leicht schräg über den Rhein im Bereich von Rhein-km 81.95 (westlich ca. Rhein-km 81.94, östlich ca. Rhein-km 81.96).

2.2 Dimensionierungsgrößen und Randbedingungen

2.2.1 Dimensionierungsereignis und Freibord

Im **Bestand** ist der geltende Staatsvertrag massgebend. In diesem ist als Dimensionierungsereignis der Wasserspiegel bei $HQ_{100} \triangleq 3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ zuzüglich eines Freibordes von 1.0 m festgehalten.

Das Dimensionierungsereignis für das **Projekt Rhesi** beträgt mindestens $4'300 \text{ m}^3/\text{s} \triangleq HQ_{300}$. Dieser Abfluss muss auf der gesamten Projektstrecke unter Berücksichtigung des erforderlichen Freibords schadlos innerhalb der Hochwasserdämme abgeführt werden können.

Für das Projekt Rhesi beträgt der Dimensionierungsabfluss rheinabwärts km 76 dem durch Entlastungsbauwerke reduzierten Abfluss EHQ_A von $5'300 \text{ m}^3/\text{s}$ unter Berücksichtigung des erforderlichen Freibords.

Für den Alpenrhein liefert die KOHS-Empfehlung der Schweiz einen grösseren Freibord als die Berechnung mit der Österreichischen Richtlinie [3]. Daher wird der Freibord im Projekt Rhesi gemäss KOHS-Empfehlung bestimmt.

Resultieren nach KOHS-Empfehlung kleinere erforderliche Freibordhöhen als 0.40 m bzw. 0.60 m wird 0.40 m für den reduzierten Freibord (Damm, überströmsicher oder Einschnitt), bzw. 0.60 m für den vollen Freibord (Damm, nicht überströmsicher) angesetzt.

Für die Festlegung der **neuen Dammhöhen** wird bei einem Abfluss von 5'300 m³/s zwischen km 76 bis km 80 der volle Freibord von 0.6 m und zwischen km 80 und km 91 der reduzierte Freibord von 0.40 m angesetzt.

Zudem ist bei den **Dämmen** bei $HQ_{300} \triangleq 4'300 \text{ m}^3/\text{s}$ auf der gesamten Strecke der volle Freibord von 0.60 m zu gewährleisten (weitere Bedingung).

Bei **neuen Brücken** wird der massgebende Freibord (unter den Brücken) auf Basis des Hochwasserabflusses beim $EHQ_A \triangleq 5'300 \text{ m}^3/\text{s}$ nach der KOHS-Empfehlung festgelegt. Der Freibord der Brücke gilt als eingehalten, wenn mindestens auf 70% der Länge die Freibordbedingungen erfüllt sind.

Der Teilfreibord für den zusätzlich benötigten Abflussquerschnitt für Treibgut unter Brücken (f_t) ist gemäss Tabelle 1 anzusetzen und beträgt für die FVV-Brücke $f_t = 0.50 \text{ m}$ (total 6 Punkte aus der Bewertung der Kriterien A - E).

Die massgebenden **Dimensionierungsgrössen** sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 1 Kriterienkatalog zur Definition des Teilfreibords f_t an den Brücken: 5 Pkt. $f_t = 0.3 \text{ m}$; 6 – 8 Pkt. $f_t = 0.5 \text{ m}$; 9 – 15 Pkt. $f_t = 1.0 \text{ m}$ [3].

Kriterium	Beschreibung	Bewertung	FVV-Brücke
A	Anströmungsbedingungen	1 gerade; 2 in leichter Kurve; 3 in Kurve	2
B	Widerlagerbereich	1 Durchfluss frei; 2 einseitig eingeschränkt; 3 beidseitig eingeschränkt	1
C	Beschaffenheit Brückenuntersicht	1 glatt; 2 Plattenbalken; 3 Stahlkonstruktion	1
D	Brückenkonstruktion	1 strömungsgünstig; 2 nicht strömungsgünstig; 3 ungünstig	1
E	Pfeilerabstand	1 > 24 m; 2 zwischen 15 und 24 m; 3 < 15 m	1

Tabelle 2 Dimensionierungsgrössen im Projektabschnitt [3].

	Dimensionierungsabfluss [m ³ /s]	Freibord Brücke [m]	Freibord Damm [m]
Bestand HQ_{100}	3'100	1.0	1.0
Rhesi HQ_{300}	4'300	-	0.6
Rhesi EHQ_A	5'300	KOHS	0.4 / 0.6

2.2.2 Schwemmholz

Bei grossen Hochwasserereignissen ist davon auszugehen, dass die Brückenpfeiler als Hindernisse wirken, an denen sich Schwemmholz sammelt. Eine solche **Teilverklausung** reduziert den Abflussquerschnitt und führt zu einer Erhöhung des Wasserspiegels im Oberwasser der Brücke.

Im numerischen Modell wird dabei zwischen einer Verklausung von Pfeilern bei hoch liegender Sohle (Vorländer, Bänke) und tief liegender Sohle unterschieden. Bei hoch liegender Sohle kann das Schwemmholz aufsitzen und dadurch zu einer bedeutend grösseren Teilverklausung führen, als dies bei tief liegender Sohle der Fall ist. Gemäss Generellem Projekt bzw. Genehmigungsprojekt wird die Teilverklausung wie folgt berücksichtigt (Bild 2):

- Eine Teilverklausung bei kleinen Abflusstiefen wird durch die Verbreiterung des Pfeilers über die gesamte Höhe um 15 m berücksichtigt.
- Eine Teilverklausung bei grossen Abflusstiefen wird durch die Verbreiterung des Pfeilers über die gesamte Höhe um 3 m berücksichtigt.

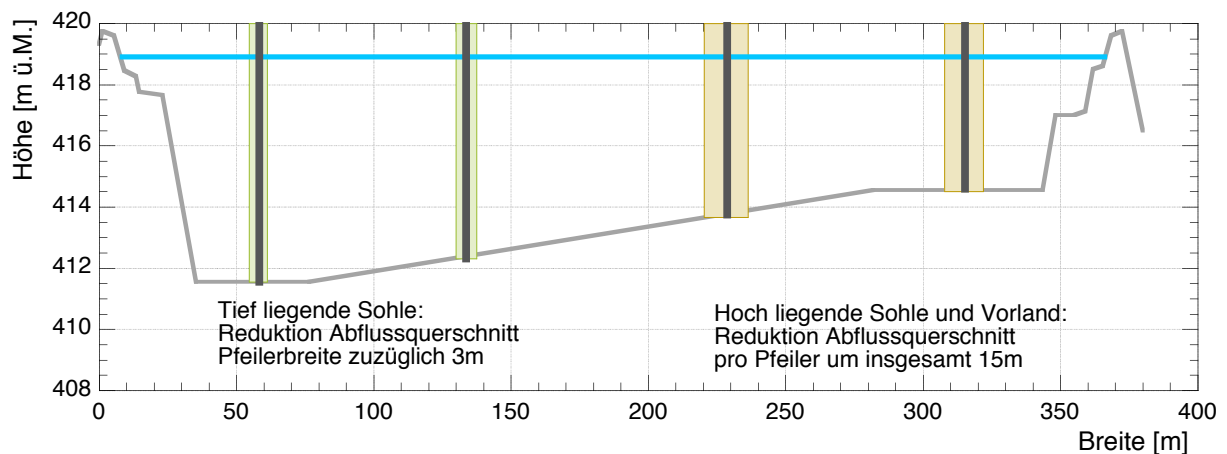


Bild 2 Querprofil mit berücksichtigter Verschmälerung des Abflussquerschnitts infolge von Teilverklausungen an Brückenpfeilern. Schematische Darstellung (aus [2]).

2.2.3 Geometrie Bestand

Das **Längenprofil der Rheinsohle** veränderte sich im Laufe der Zeit in Abhängigkeit der auftretenden Hochwasser, der Geschiebezufuhr und des Ausbaus der Vorstreckung. Die Geschiebezufuhr des Rheins ist infolge der Korrektion und der Kiesentnahmen stark anthropogen beeinflusst und variiert ebenfalls erheblich.

Bild 3 zeigt das Längenprofil der **Sohlenveränderungen** zwischen 1995 und 2018/19. Für die Hochwassernachweise im Bestand wird die Sohlenlage der Vermessung 2018/19 verwendet.

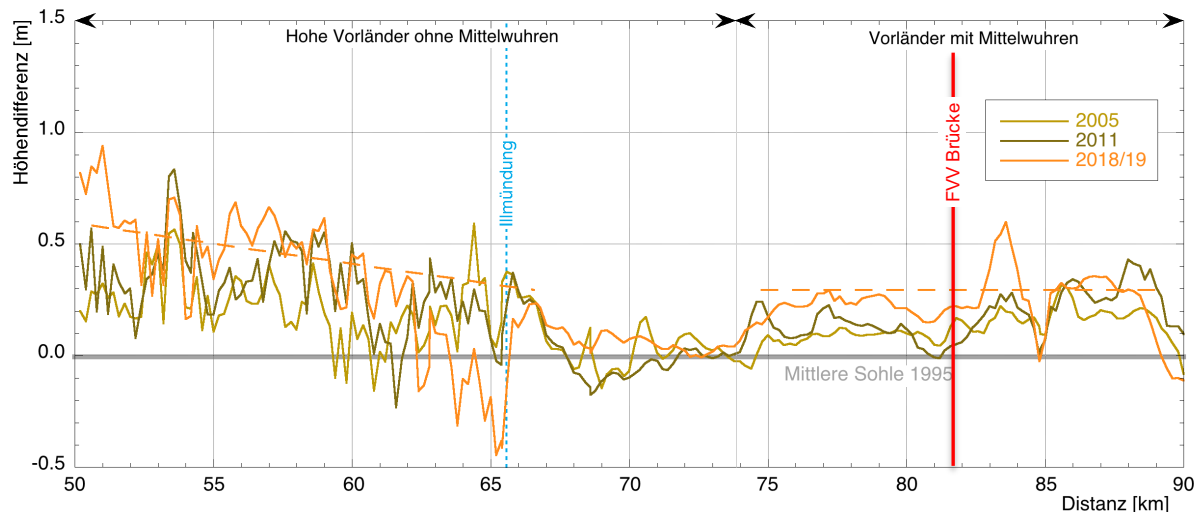


Bild 3 Längsprofil der Höhendifferenzen der mittleren Sohlenlage der Vermessungen von 2005, 2011 und 2018/19 im Vergleich zur Vermessung von 1995. Mittlere Sohle = Gleitendes Mittel aus 3 Querprofilen (aus [4])

2.2.4 Fuss- und Veloverkehrsbrücke

Die hydraulischen Berechnungen wurden für ein idealisiertes Brückentragwerk durchgeführt. Dieses besteht aus [3 Brückenpfeilern](#), wobei für die beiden Randfelder eine Spannweite von 54 m bzw. 66 m und für die beiden mittleren Felder Spannweiten von 66 bzw. 96 m verwendet wurde (Bild 4). Im Bestand stehen somit alle Pfeiler ausserhalb des heutigen Hauptgerinnes. Die Breite der strömungszugewandten Seite der einzelnen Pfeiler beträgt je 1.0 m [10].

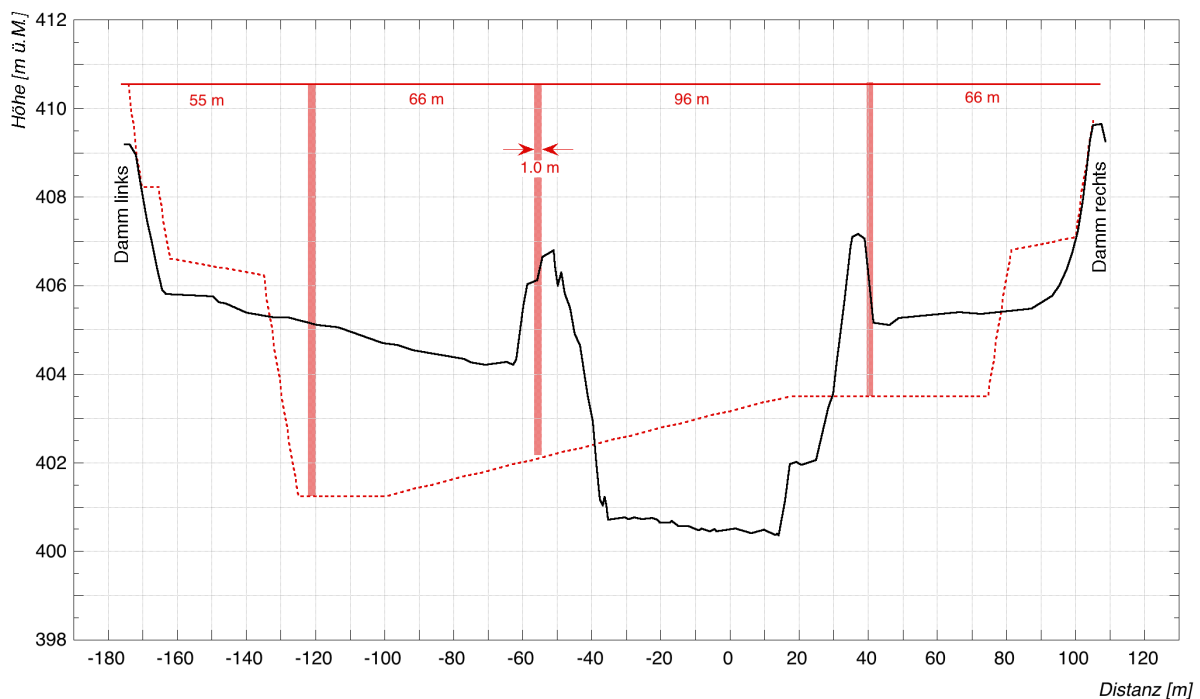


Bild 4 Rheinprofil km 81.900 im Bestand (schwarze Linie) und nach Umsetzung Rhesi (rot gestrichelte Linie, Sohle nach 80 Jahren gemäss Szenario DP 1.16) mit den für die hydraulischen Berechnungen berücksichtigten Pfeilern der FVV-Brücke Au - Lustenau.

3 Hochwasserspiegel

3.1 Übersicht Szenarien

Für die hydraulischen Nachweise wurden folgende Szenarien untersucht:

- (1) Bestand
Gerinnegeometrie 2018/19, ohne FVV-Brücke.
- (2) Bestandsgeometrie mit FVV-Brücke (Brückenpfeiler) und den Dammanpassungen im Nahbereich der Brückenwiderlager für den Zustand mit Rhesi [13] [14]. Bei den Dammanpassungen wurde eine grosse Rauheit von $k_{St} = 21 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ berücksichtigt.
- (3) Wie Szenario (2), zusätzlich mit Verklausungen an den Brückenpfeilern. Dazu wurde der Abflussquerschnitt bei den Brückenpfeilern um je 15 m reduziert (vgl. Kap. 2.2.2).

Im Modell wurde vereinfacht davon ausgegangen, dass die Brücke senkrecht zur Rheinachse angeordnet ist und die seitlichen Verschmälerungen der Vorländer beidseitig symmetrisch angeordnet sind (konservative Betrachtung). Im 1d-Modell wurden folgende zusätzliche Querprofile eingebaut:

- km 81.927 Linksufrig mit Weg auf Schulter (Einengung Vorland um bis zu 7.5m);
Rechtsufrig Einengung Vorland um ca. 6 m
 - km 81.946 Linksufrig wie km 81.927;
Rechtsufrig Einengung Vorland um ca. 8 m
 - km 81.957 Brückenprofil oberes Ende:
Linksufrig mit Weg auf Schulter (Einengung Vorland um bis zu 7.5m), Widerlager im oberen Bereich
Rechtsufrig Einengung Vorland um ca. 9 m
 - km 81.963 Brückenprofil unteres Ende; identisch mit km 81.957
 - km 81.971 Linksufrig mit Weg auf Schulter (Einengung um bis zu 7.5m);
Rechtsufrig Einengung um ca. 8 m
- (4) Zustand mit Rhesi
Gerinnegeometrie gemäss Genehmigungsprojekt mit FVV-Brücke (Widerlager, Dammanpassungen, Brückenpfeiler mit Verklausungen)

3.2 Szenario 1: Hochwasserspiegel im Bestand

Bild 5 zeigt das Längenprofil des Alpenrheins von km 81.5 bis km 82.5 im Bestand bei einem Abfluss von $3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ₁₀₀).

Der Verlauf des Wasserspiegels und der Energiehöhe ist sehr ausgeglichen. Auffallend ist die linksufrig tiefere Dammkrone zwischen km 81.9 und km 82.0 mit einem Freibord von minimal 87 cm. Rechtsufrig beträgt der Freibord 1.31 m. Dementsprechend ist der Freibord linksufrig im Bestand reduziert (Schutzdefizit).

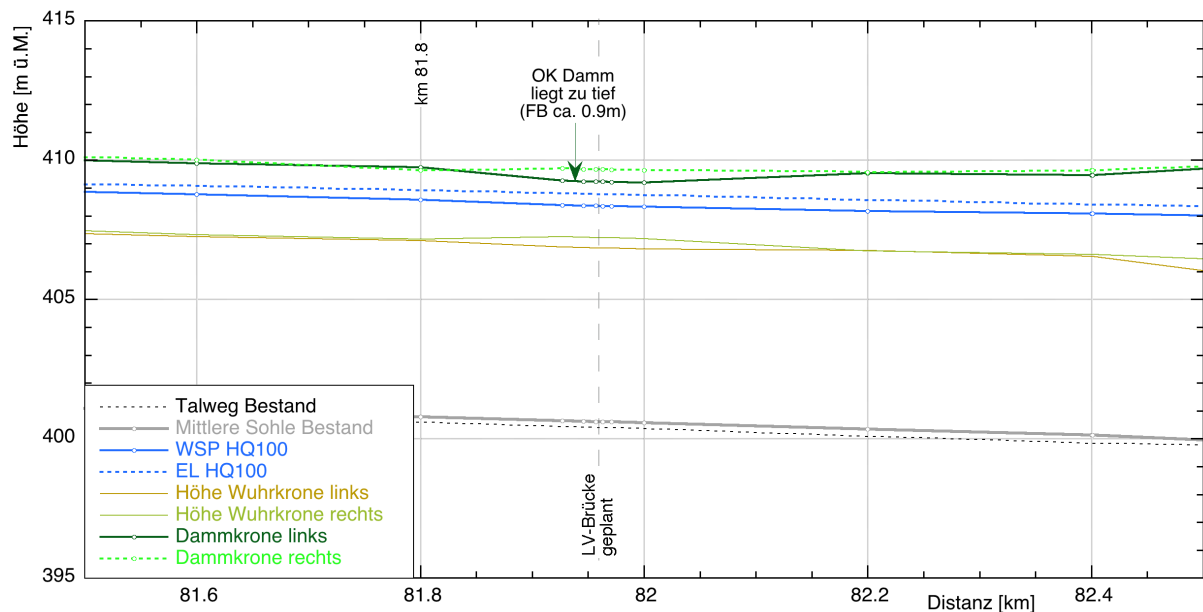


Bild 5 Szenario 1, Bestand. Längenprofil Talweg, mittlere Sohle, Wasserspiegel und Energiehöhe bei HQ₁₀₀ = $3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie den Vorland- und Dammhöhen.

3.3 Szenario 2: Hochwasserspiegel im Bestand mit FVV-Brücke

Bild 6 zeigt das Längenprofil des Alpenrheins von km 81.5 bis km 82.5 im Bestand mit der Langsamverkehrsbrücke und den berücksichtigten Dammanpassungen bei einem Abfluss von $3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ (HQ₁₀₀).

Im Bereich der geplanten FVV-Brücke zeigt der Wasserspiegel eine geringe Senke infolge leichter Beschleunigung des Abflusses.

Gut ersichtlich ist die Anhebung der Hochwasserdämme zur Brücke hin (zwischen Profilen linear interpoliert). Der minimale Freibord beträgt bei km 81.9 0.85 m und ist damit minimal kleiner als im Bestand ohne FVV-Brücke.

Bild 7 bis Bild 9 zeigen die Änderungen der Szenarien 2 und 3 verglichen mit Szenario 1 (Bestand ohne Brücke).

Bei [Szenario 2](#) (Verengung durch Brückenpfeiler und Dammanpassungen) wird der Abfluss beschleunigt (von 2.8 m/s auf gut 3.0 m/s, Bild 8) und der Wasserspiegel sinkt um ca. 5 cm (Bild 7). Im Oberwasser der Brücke (km 81.8) steigt der Wasserspiegel um ca. 1.0 cm (Energiehöhe um ca. 0.7 cm). Der Abfluss auf den Vorländern sinkt von ca. $1'160 \text{ m}^3/\text{s}$ auf ca.

1'040 m³/s (Bild 9). Dies hat Querströmungen über die Mittelwuhren im Oberwasser- und Unterwasser der Brücke zur Folge.

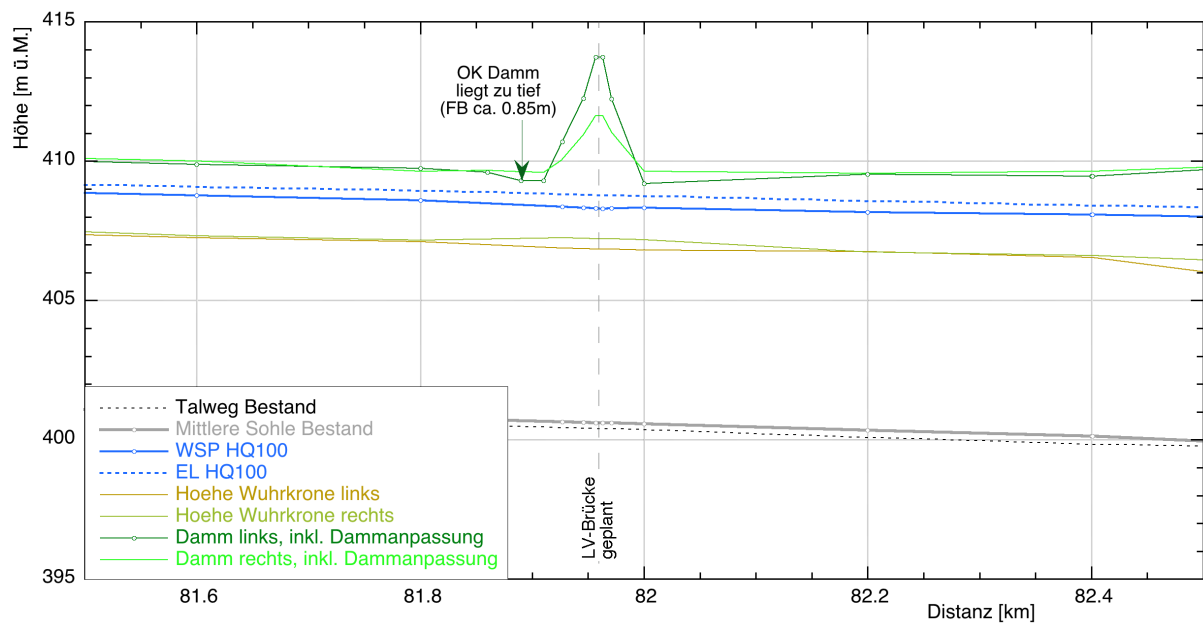


Bild 6 Szenario 2, Langsamverkehrsbrücke mit Dammanpassungen. Längsprofil Talweg, mittlere Sohle, Wasserspiegel und Energiehöhe bei $HQ_{100} = 3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie den Vorland- und Dammhöhen.

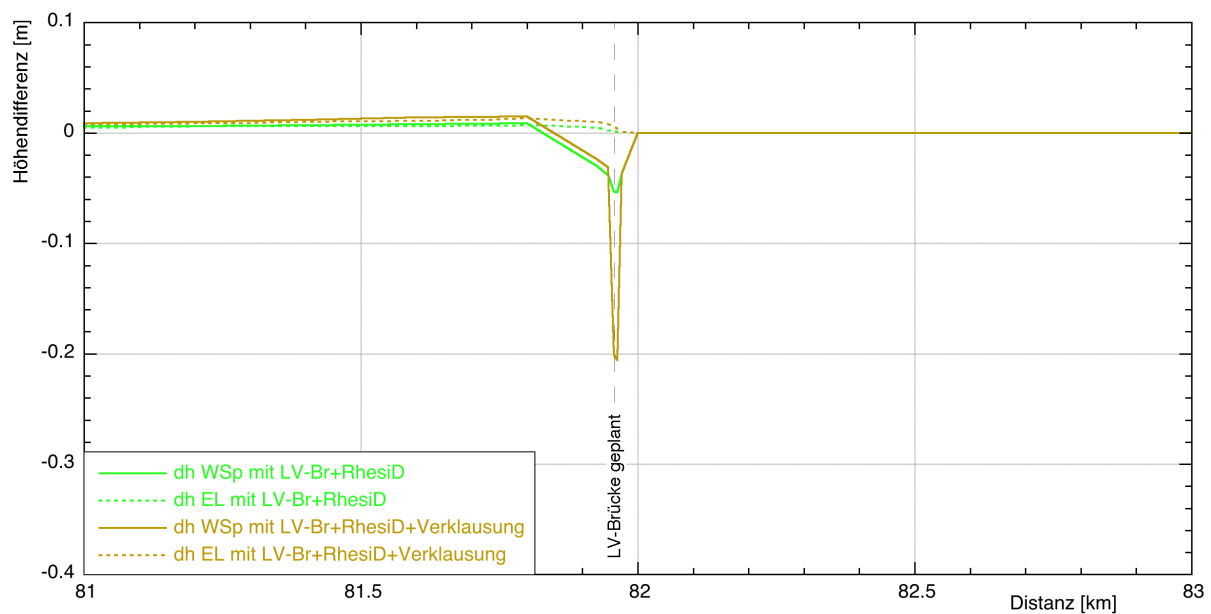


Bild 7 Änderung der mittleren Wasserspiegellage (dh WSp) und der Energiehöhe (dh EL) infolge der Dammanpassungen inkl. Brücke (Szenario 2) sowie inkl. Verkläusung an den Brückenpfeilern (Szenario 3) verglichen mit dem Bestand (= Nulllinie).

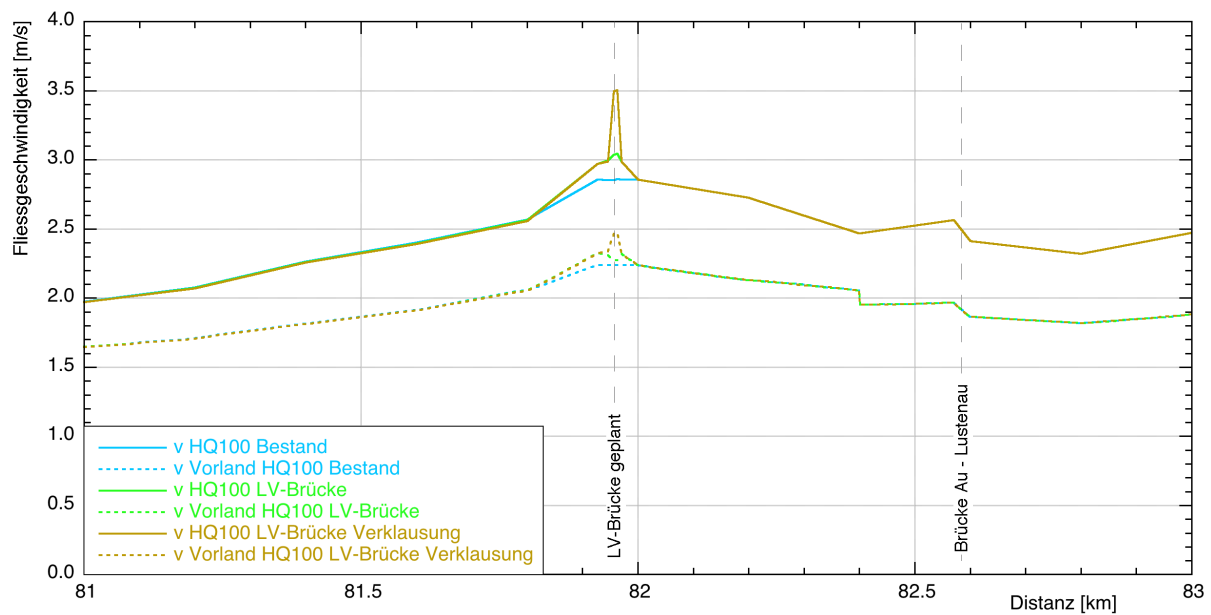


Bild 8 *Längenprofil der mittleren Fließgeschwindigkeit über den gesamten Abflussquerschnitt (v_{HQ100}) sowie nur in den Vorländern ($v_{Vorland\ HQ100}$) im Bestand (Szenario 1), infolge der Dammanpassungen inkl. Brücke (Szenario 2), sowie zusätzlich inkl. Verkläusung an den Brückenpfeilern (Szenario 3).*

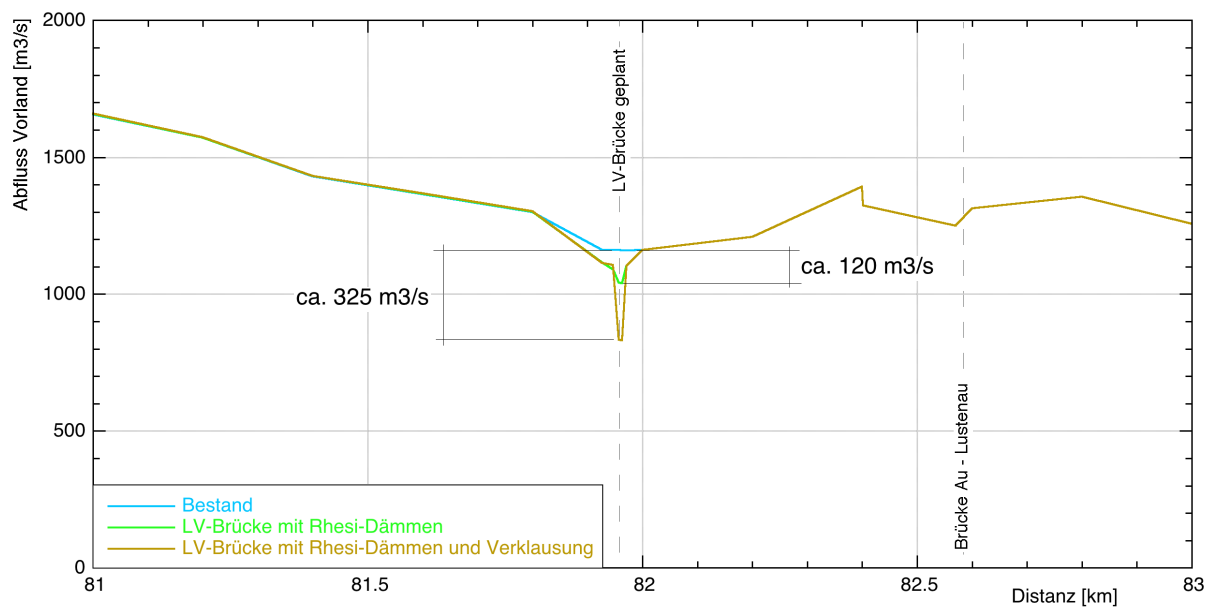


Bild 9 *Längenprofil des Abflusses auf den Vorländern (beide zusammengefasst) im Bestand (Szenario 1), infolge der Dammanpassungen inkl. Brücke (Szenario 2), sowie zusätzlich inkl. Verkläusung an den Brückenpfeilern (Szenario 3). Die Differenz zu 3'100 m³/s fließt im Mittelgerinne ab.*

3.4 Szenario 3: Hochwasserspiegel im Bestand mit FVV-Brücke und Verklauung Brückenpfeiler

Bild 10 zeigt das Längenprofil des Alpenrheins von km 81.5 bis km 82.5 im Bestand mit der FVV-Brücke, den berücksichtigten Dammanpassungen sowie Verklauungen an den Brückenpfeilern.

Der Abfluss wird von 2.8 m/s auf 3.5 m/s beschleunigt (Bild 8) und der Wasserspiegel sinkt unter der Brücke um ca. 20 cm (Bild 7). Im Oberwasser der Brücke (km 81.8) steigt der Wasserspiegel um ca. 1.5 cm. Der Abfluss auf den Vorländern sinkt von ca. 1'160 m³/s auf ca. 835 m³/s (Bild 9). Dies hat bedeutende Querströmungen über die Mittelwuhren im Oberwasser- und Unterwasser der Brücke zur Folge. Dabei dürften beidseits je ca. 160 m³/s Wasser über die Wuhren ins Mittelgerinne fließen (Bild 9).

Diese Querströmungen zum Ausgleich des Abflusses zwischen den Vorländern und dem Mittelgerinne führen dazu, dass der Wasserspiegel über die Breite nicht horizontal verläuft, sondern im Oberwasser der Brücke in den Vorländern höher liegt. Unter der Annahme, dass die Strömung über die Wuhren durch einen unvollkommenen Überfall angenähert werden kann, einer Wassertiefe über den Wuhrkronen von 1.3 m und eines Ausgleichs der Abflussanteile über eine Fliessstrecke von 100 m, resultiert eine mittlere Wasserspiegeldifferenz zwischen Vorländern und Hauptgerinne in der Grössenordnung von 0.18 m und eine Querströmung mit einer Fliessgeschwindigkeit von ca. 1.1 m/s (Geschwindigkeitsanteil rechtwinklig zur Wuhrachse).

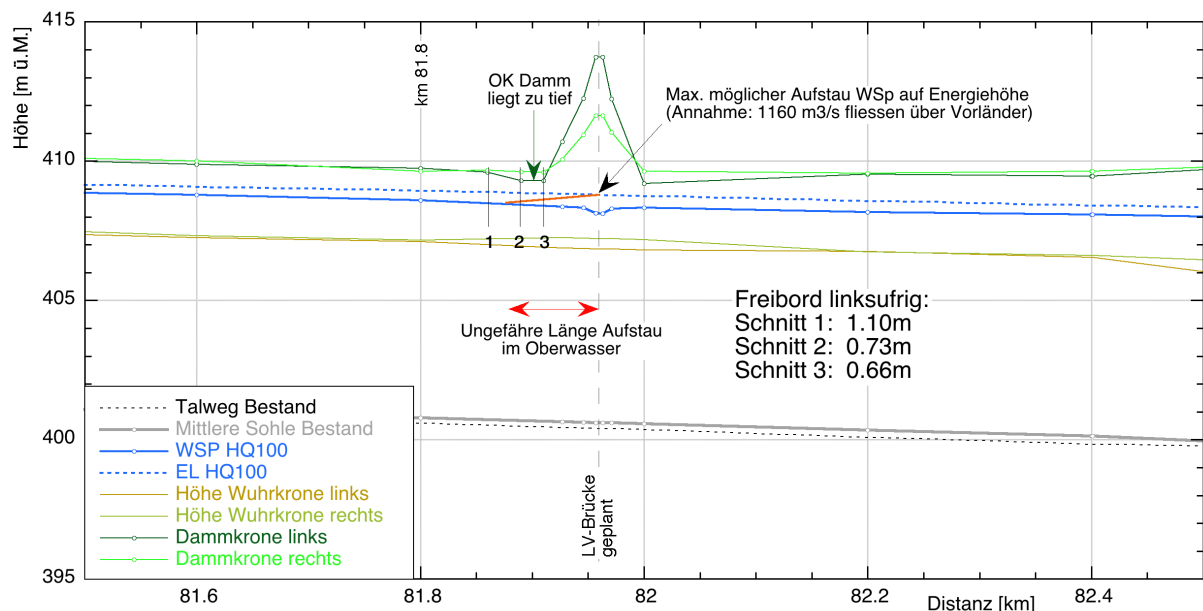


Bild 10 *Szenario 3, Langsamverkehrsbrücke mit Dammanpassungen und Verklauungen an Brückenpfeilern. Längenprofil Talweg, mittlere Sohle, Wasserspiegel und Energiehöhe bei $HQ_{100} = 3'100 \text{ m}^3/\text{s}$ sowie den Vorland- und Dammhöhen.*

Der Aufstau wird unmittelbar im Oberwasser der stärksten Einengung (d.h. am oberen Ende der Brücke) am grössten sein und gegen die Fliessrichtung abnehmen. Dies bedeutet, dass der maximale Aufstau des Wasserspiegels in den Vorländern grösser als 0.18 m ausfallen wird. Bei sehr konservativer Annahme kann der Wasserspiegel im Oberwasser der Brücke

maximal auf die Energielinie ansteigen. Gleicht sich der Wasserspiegelanstieg im Oberwasser gegen die Fliessrichtung auf einer Länge von ca. 100 m linear an denjenigen im Bestand an, resultiert der in Bild 10 rot eingezeichnete Verlauf.

Der Wasserspiegelanstieg dürfte in den beiden Vorländern ähnlich hoch ausfallen. Im breiten linken Vorland befinden sich 2 Brückenpfeiler und im schmalen rechten Vorland (an der Mittelwuhre) 1 Brückenpfeiler.

Bei den Schnitten 1, 2 und 3 in Bild 10 resultieren die Freiborde gemäss Tabelle 3.

Linksufrig besteht bei den Schnitten 2 bis 3 ein reduzierter Freibord von rund 0.7 m. **Das Defizit von ca. 0.3 m könnte behoben werden, indem die Dammkrone ausgehend von Rheinkm 81.86 mit Höhe 409.60 m ü.M. linear auf ca. 409.64 m ü.M. bei Schnitt 3 und bei der neuen Brückenachse auf mindestens 409.80 m ü.M. angehoben würde.** Die maximal erforderliche Anhebung der Dammkrone beträgt ca. 0.35 m.

Rechtsufrig besteht bei Schnitt 3 ein (rechnerisches) Freibord von 0.96 m. Das resultierende Defizit liegt im Bereich der Rechengenauigkeit und ist vernachlässigbar.

Mit der vorgeschlagenen Anhebung der linksufrigen Dammkrone kann das Schutzdefizit (infolge reduziertem Freibord), das bereits im Bestand (wenn auch in geringerem Mass) besteht, behoben werden. Für die minimale Höhe der Brückenunterkante ist der Zustand nach Umsetzung Rhesi massgebend (vgl. Kap. 3.5).

Tabelle 3 Wasserspiegel, Dammhöhen und resultierende Freiborde bei den Schnitten 1 - 3 gemäss Bild 10. Rot hinterlegt = ungenügender Freibord. Gelb hinterlegt = knapp ungenügender Freibord. Blau hinterlegt = ausreichender Freibord.

Schnitt	WSp. resp. rote Linie [m ü.M.]	Ufer links (CH)		Ufer rechts (AT)	
		OK Damm [m ü.M.]	Freibord [cm]	OK Damm [m ü.M.]	Freibord [cm]
1	408.50	409.60	110	409.68	118
2	408.57	409.30	73	409.62	105
3	408.64	409.30	66	409.60	96

Die vorliegenden 1d-Berechnungen basieren auf gewissen vereinfachten Annahmen (Brückenachse senkrecht, Grobabschätzung des Wasserspiegelverlaufs entlang den Hochwasserdämmen), die eher auf der sicheren Seite liegen. Für genauere Berechnungen könnten 2-dimensionale Berechnungen durchgeführt werden. Mit diesen liesse sich die Interaktion zwischen dem Mittelgerinne und den Vorländern besser simulieren und der Wasserspiegelanstieg genauer prognostizieren. Diese Berechnungsmethode hier an zuwenden erscheint als unverhältnismässig, zumal die Erkenntnisse daraus kaum Einfluss auf die Auslegung der Brücke und der Widerlagerdämme erwirken würden.

Die kombinierte Wirkung der Dammanpassungen und der Verklausung der Brückenpfeiler auf den Wasserspiegel führt - wie aufgezeigt - zu einem deutlichen Aufstau des Wasserspiegels in den Vorländern unmittelbar im Oberwasser der Brücke mit entsprechend starken Querströmungen über die Wuhrkronen in das Mittelgerinne.

3.5 Szenario 4: Hochwasserspiegel mit Rhesi

Für die Beurteilung der Auswirkungen der neuen Brücke auf die Dämme wird das Szenario 1.17 des Genehmigungsprojektes (Rhesi) verwendet. Verglichen mit dem Bestand wird das Mittelgerinne stark verbreitert und es bestehen keine Mittelwuhren mehr. Somit ist ein Aufstau des Abflusses auf den Vorländern gemäss Bestand nicht mehr möglich.

In Bild 11 ist das hydraulische Längenprofil für die Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi ohne Berücksichtigung der FVV-Brücke sowie mit Brücke inkl. Teilverklauung dargestellt. Die Verluste und damit der Pfeilerstau sind selbst beim Szenario Teilverklauung aufgrund des geringen Verbauungsgrads von 9 % bei querschnittsgemittelten Fliessgeschwindigkeiten von 3.5 m/s gering. Der Pfeilerstau beträgt bei einem EHQ mit Teilverklauung weniger als 15 cm. Weil die Hochwasserdämme zu den Brückenwiderlagern hin angehoben werden, ist die Freibordanforderung erfüllt (vgl. Bild 11).

Für die Brückenunterkante ist das Szenario ohne Teilverklauung massgebend, da in diesem Szenario die Querschnittsverringering aufgrund der Brückenpfeiler zu einer geringeren Absenkung des Wasserspiegels führt als im Szenario mit Teilverklauung. Der massgebende mittlere Wasserspiegel bei km 81.900 beträgt $WSP_{EHQ} = 409.70 \text{ m. ü. M.}$. Die minimale Kote der Brückenunterkante unter Berücksichtigung des Freibords nach KOHS beträgt $UK_{Brücke} \geq 410.56 \text{ m. ü. M.}$. In diesem Szenario resultiert eine höhere Kote als im Bestand (HQ_{100}) und ist somit massgebend.

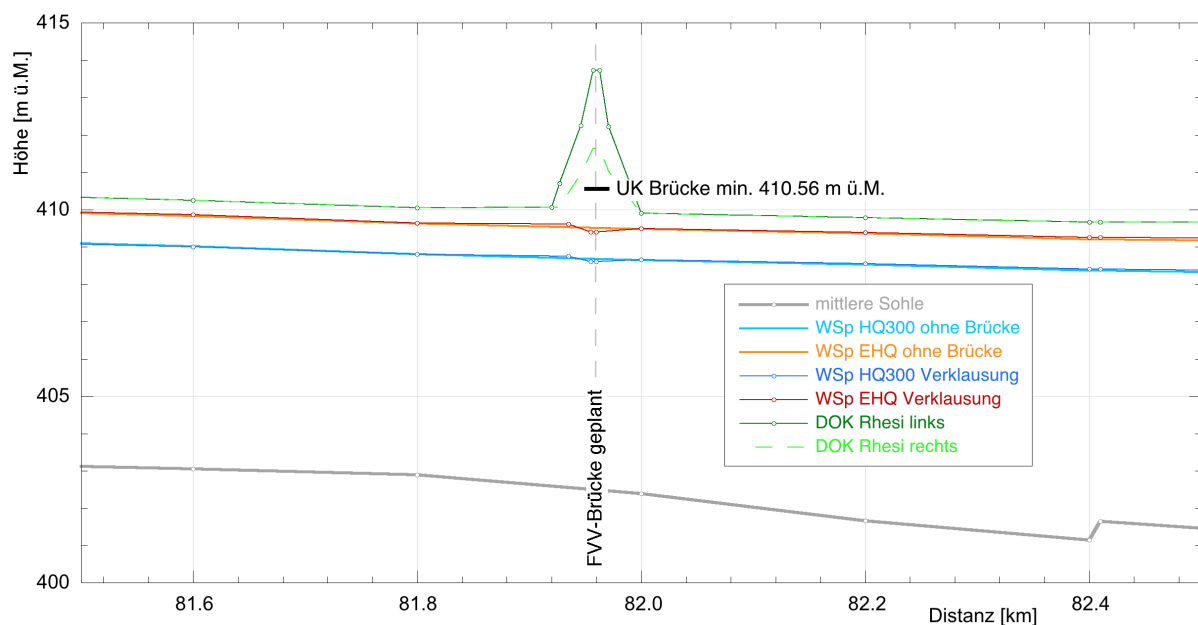


Bild 11 Längenprofil für Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi ohne Berücksichtigung der Fuss- und Veloverkehrsbrücke Au - Lustenau und mit Brücke inkl. Teilverklauung: mittlere Sohle nach 80 Jahren (Szenario DP 1.17), Wasserspiegel (WSp) bei verschiedenen Abflüssen und Uferlinien.

4 Auf Pfeiler wirkende Kräfte

In Übereinstimmung mit den Generellen Projekt [12] sind beim Dimensionierungsabfluss HQ_{300} der hydrodynamische Druck auf Pfeiler, der hydrodynamische Druck auf Pfeiler durch Anlagerung von Schwemmholz und die Anprallkraft eines Baumstammes als ausser-gewöhnliche Einwirkungen anzusetzen.

Für die auf die Pfeiler wirkenden Kräfte ist der Zustand nach Umsetzung von Rhesi massgebend, da im Bestand die Pfeiler auf den Vorländern mit geringen Fliessgeschwindigkeiten liegen.

- **Hydrodynamischer Druck auf den Pfeiler:**
Beim Dimensionierungsabfluss HQ_{300} ist mit einem hydrodynamischen Druck auf die Pfeiler von ca. 15 kN/m^2 zu rechnen¹.
- **Hydrodynamischer Druck auf den Pfeiler durch Anlagerung von Schwemmholz (Teilverklauung):**
Beim Dimensionierungsabfluss HQ_{300} ist durch den hydrodynamischen Druck auf angelagertes Schwemmholz mit einer Ersatzkraft von ca. 385 kN auf den Pfeiler zu rechnen².
- **Anprallkraft eines Baumstammes:**
Beim Dimensionierungsabfluss HQ_{300} ist beim Anprall eines Baumstamms von einer Kraft von ca. 82 kN auf den Pfeiler auszugehen³.

Die statische Bemessung der Pfeiler ist unter der Annahme vorzunehmen, dass der Lastfall hydrodynamischer Druck in Kombination mit einem der beiden Lastfälle Teilverklauung oder Anprall Baumstamm auftritt.

Schräge Anströmung: Es ist zu berücksichtigen, dass die Pfeiler im Zustand nach Umsetzung von Rhesi schräg angeströmt werden können. Die Lastfälle «hydrodynamischer Druck auf Brückenpfeiler», «angelagertes Schwemmholz» und «Anprallkraft Baumstamm» müssen daher zusätzlich 30° schräg wirkend auf die Pfeiler angesetzt werden.

¹ Annahmen: Dichte Wasser $\rho=1.4 \text{ t/m}^3$ (viel Feststoffanteile); Widerstandsbeiwert $c_d=1.5$.

² Annahmen: Fläche Teilverklauung $A=30 \text{ m}^2$; Widerstandsbeiwert $c_d=1.5$.

³ Annahmen: Länge Baumstamm $L=15 \text{ m}$; Durchmesser Baumstamm $D=1 \text{ m}$; Dichte Baumstamm $=1000 \text{ kg/m}^3$; $\Delta t=0.5 \text{ s}$.

5 Foundation der Brückenpfeiler

5.1 Kolkiefen

Für eine sichere Gründung der Brücke ist die minimale Sohlenlage im Rhein nach Umsetzung des Projekts Rhesi massgebend. Das Projekt Rhesi sieht vor, die Mittelwuhren zu entfernen und das Hauptgerinne auf Kosten der Vorländer zu verbreitern. Dabei wird sich ein pendelndes Hauptgerinne mit Bänken und **morphologischen Kolken** bilden. Bei Hoch-wasserabfluss migriert das Hauptgerinne, d.h. Bänke und Kolke werden verlagert und können somit überall innerhalb des durch die neuen Ufersicherungen begrenzten Sohlenbereichs auftreten.

Aufgrund der Strömungsumlenkung durch den Pfeiler ist zusätzlich zum morphologischen Kolk mit lokaler Erosion, sogenanntem **Pfeilerkolk**, zu rechnen.

An der TU Wien wurden für bestehende Brücken im Perimeter des Projekts Rhesi Kolkuntersuchungen im Labor durchgeführt [6]. Diese Versuche (V01 und V05) zeigen, dass es in einer morphologischen Rinne (Kolk) zu einer Überlagerung von Rinnentiefe und Pfeilerkolkentiefe kommt. Zwar ist die Pfeilerkolkentiefe mit 4.2 m im Versuch mit morphologischer Rinne geringfügig kleiner als im Versuch mit ebener Sohle (4.5 m), aufgrund der Unsicherheiten in der Bestimmung von Pfeilerkolkiefen und Tiefen des morphologischen Kolks ist jedoch eine vollständige Überlagerung der beiden Werte angezeigt.

In den Versuchen der VAW, Abschnitt Widnau/Höchst [5] wurden die Pfeiler der Brücke in allen Versuchen mit Blockteppichen gesichert. Aussagen zur maximalen Kolkentiefe ohne Blockteppich (Überlagerung der Kolke) sind daher nicht möglich. Bild 12 zeigt die maximalen Kolkiefen aus den Modellversuchen [5] und aus der Prognose des numerischen 1d-Modells aus dem Generellen Projekt Rhesi⁴.

Im Bereich der geplanten Brücke ist ausgehend von der mittleren Sohle (402.60 m ü. M.) mit maximalen Kolkiefen von 4.0 m [5] bis ca. 5.5 m [4] zu rechnen (vgl. Bild 12). Somit ergibt sich eine **morphologische Kolkentiefe von 397.10 m ü. M.**

Die Fuss- und Veloverkehrsbrücke weist einen grossen Pfeilerabstand und grosse Fundamentabmessungen auf. Da empirische Gleichungen zur Berechnung des Pfeilerkolks eine hohe Unschärfe aufweisen, ist als beste Näherung für die Pfeilerkolkentiefe der FVV-Brücke der Wert der Versuche der TU Wien für die Brücke Höchst-Lustenau anzusetzen. Die Pfeilerkolkentiefe beträgt rund 4.5 m. Somit resultiert eine **Kote für die Oberkante der Pfeilerfundamente von 392.60 m ü. M.** (Bild 13).

⁴ Die Resultate aus dem Genehmigungsprojekt [4] unterscheiden sich nur geringfügig vom Generellen Projekt.

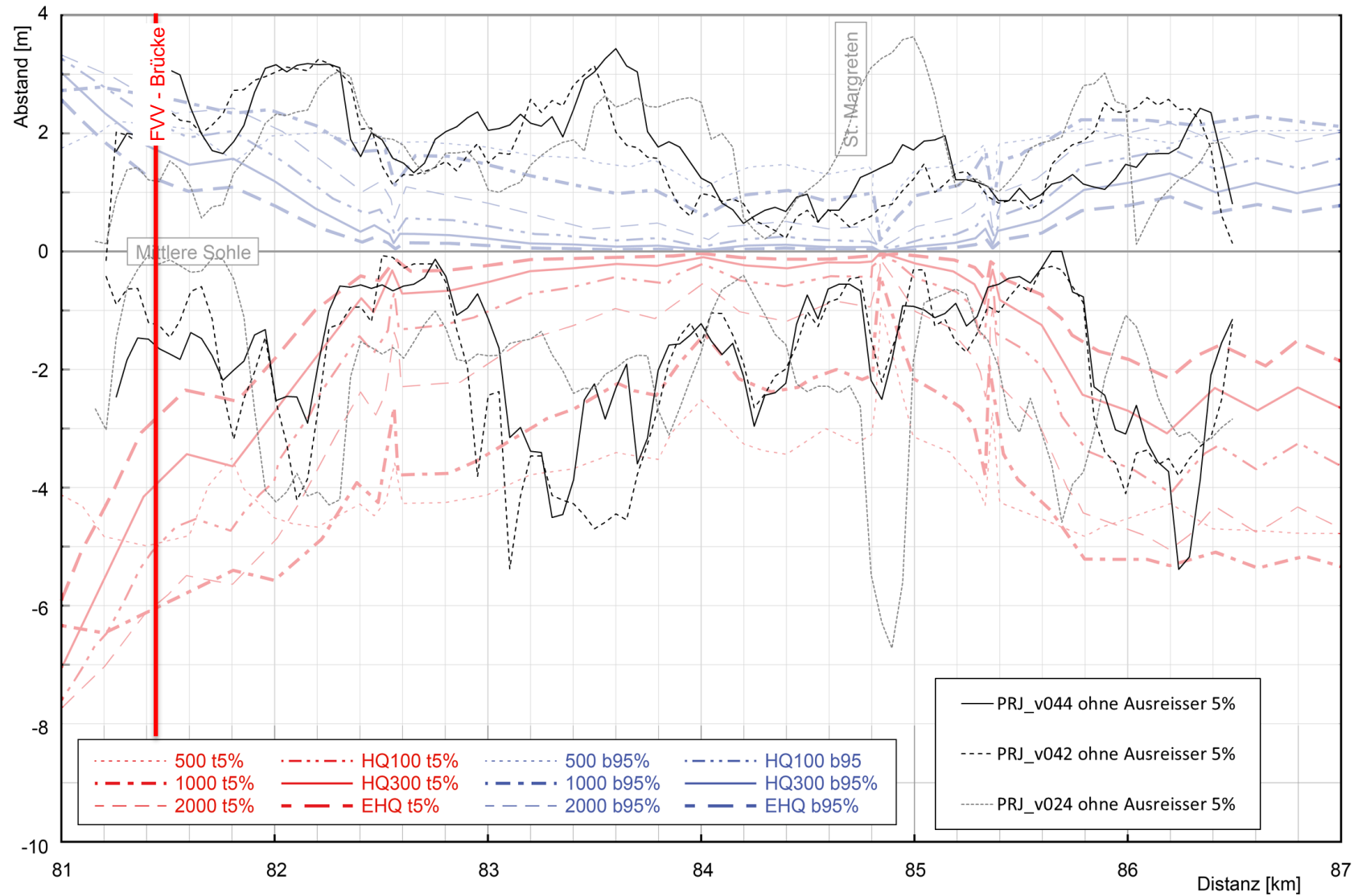


Bild 12 Maximale Koltiefen und Bankhöhen aus den Modellversuchen der VAW (Brückenpfeiler mit Blockteppich gesichert) in Gegenüberstellung zu den Prognosen aus dem Generellen Projekt (mod. Abbildung 11.6 aus [5]).

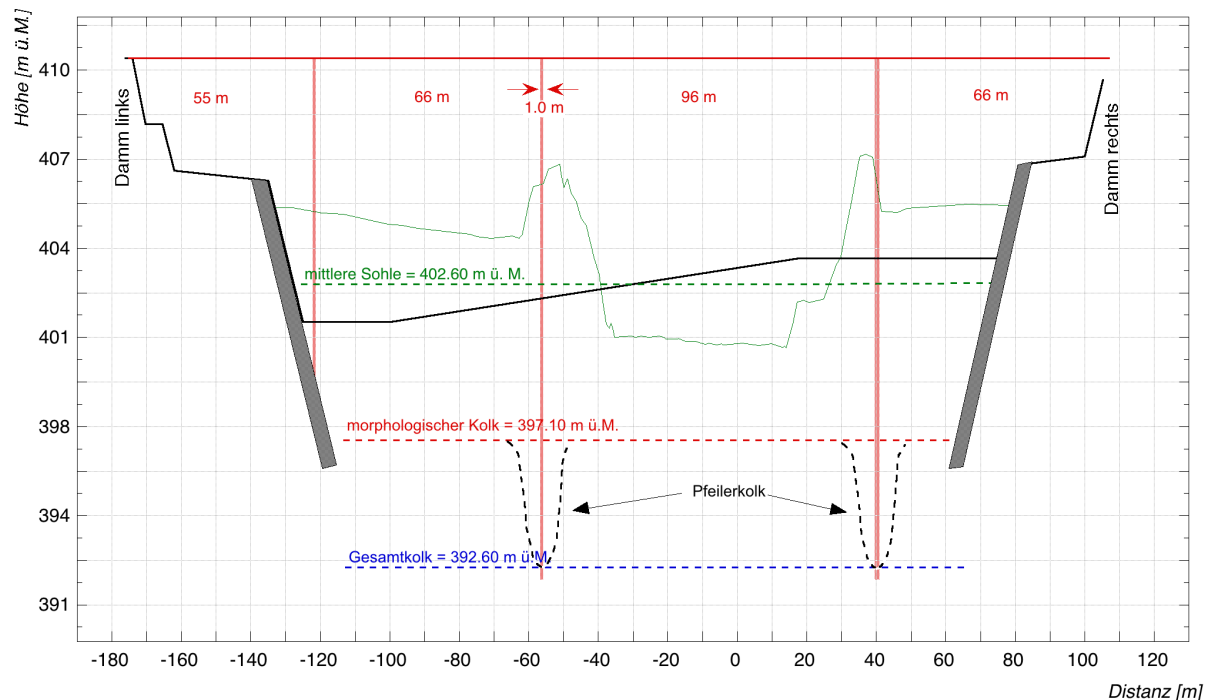


Bild 13 Rheinprofil km 81.900 mit der Fuss- und Veloverkehrsbrücke Au - Lustenau nach Umsetzung Rhesi (rote durchgezogene Linien), mittlerer Sohle (grün gestrichelte Linie) und Talweg / morphologischer Kolk (rot gestrichelte Linie). Ufersicherung (graue dicke Linien) und Pfeilerkolk sind skizziert dargestellt und entsprechen nicht der tatsächlichen Ausdehnung. Die grüne Linie zeigt das Rheinprofil im Bestand.

5.2 Massnahmen

5.2.1 Varianten

Variante 1, das Pfeilerfundament wird bis auf die Kote der maximal zu erwartenden Kolkentiefe von 392.60 m ü. M. abgesenkt.

Variante 2a, teilweises Abtiefen (Flachfundamente) und Sichern des Pfeilerfundaments mit Blockteppich. Um die Pfeiler von bestehenden Brücken nach Umsetzung des Projekts Rhesi vor Erosion zu schützen wird ein von der TU Wien entworfener Kolkschutz verwendet [6]. Es hat sich gezeigt, dass eine Anordnung (Versuch 22, Bericht 06) eines 2-lagigen Blockteppichs (vgl. Bild 14) mit Wasserbausteinen von 2 - 3 t (dunkel) und 0.37 - 0.54 t (hell) Gewicht den Belastungen (EHQ und Pfeilerverklauesung) weitgehend standhält. Flussabwärts wurde der Blockteppich beschädigt, weshalb im Projekt für diesen Bereich das Gewicht der Steine auf 1 - 1.5 t erhöht wurde.

Variante 2b, teilweises Abtiefen (Flachfundamente bis unter die Kote des morphologischen Kolks von 397.10 m ü. M.) und anschliessender Lastabtrag über abrasionsfeste Pfähle, die vertikale und horizontale Lasten aufnehmen und unter die Kote 392.60 m ü. M abtragen (Bild 15).

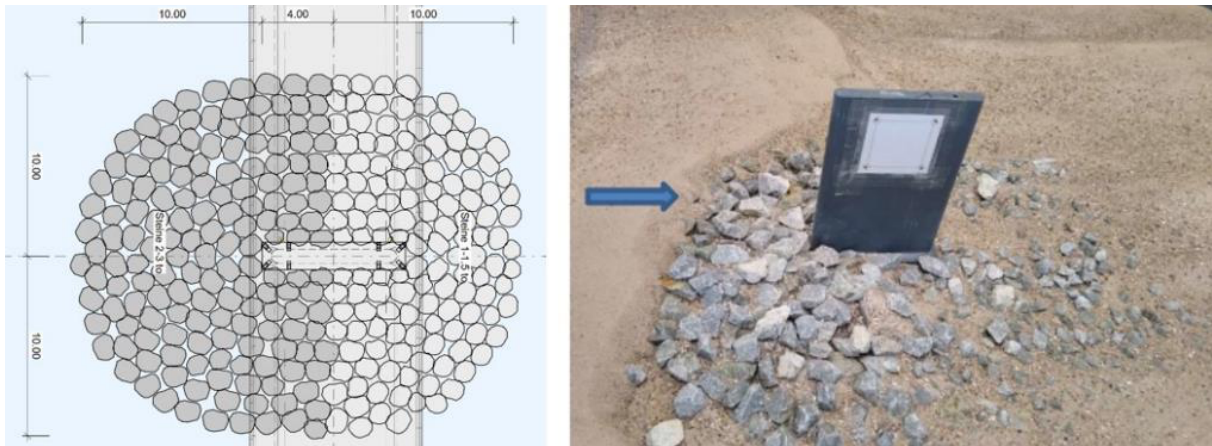


Bild 14 Blockteppich im Umkreis des Pfeilers zum Schutz gegen Erosion/Pfeilerkolk. Bild aus [6] bzw. [3]

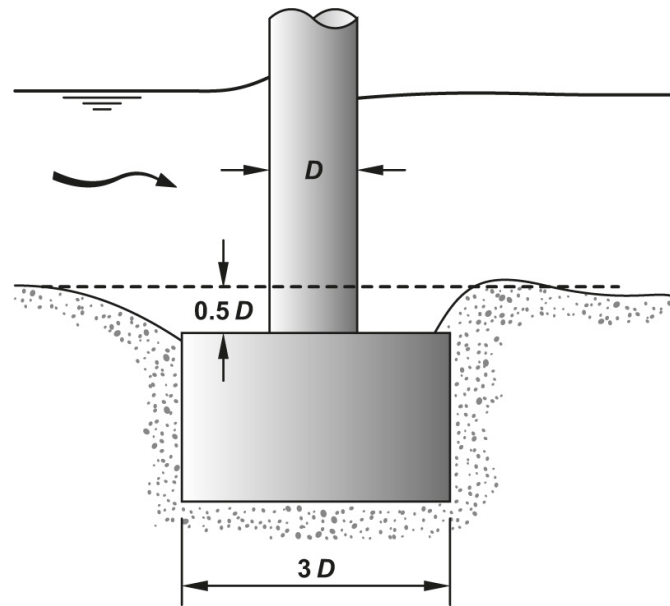


Bild 15 Einbau abrasionsfester Bohrpfähle am Alpenrhein für die Lastabtragung an einer Brücke (Quelle: Casutt Wyrsh Zwicky dipl. bauingenieure und planer)

Variante 2c, teilweises Abtiefen (Flachfundamente bis unter die Kote des morphologischen Kolks von 397.10 m ü. M.) und anschliessender Lastabtrag über Micropfähle. Ein Pfeilerkolk wird durch eine ausreichend grosse Fundamentplatte verhindert. Gemäss Hoffmanns und Verheij (1997, referenziert in Bezzola, Vorlesungsmanuskript Flussbau ETHZ) kann ein Pfeilerkolk verhindert werden, falls die Oberkante der Fundamentplatte um 0.5 Mal die Pfeilerbreite tiefer liegt (als die Sohle, resp. der morphologische Kolk) und die Fundamentplatte um den Pfeiler um mindestens 1 Mal die Pfeilerbreite breiter ist (Bild 16).

Bild 16

Massnahme zur Kolkreduktion an Pfeilern bei unter der Sohle liegender Foundation (Bild 13.78 aus [16]).



5.2.2 Gewählte Pfeilerfundation und Kolkabschutzsicherung

Die FVV-Brücke verfügt über drei Pfeiler (Bild 13). Massgebend für den Kolkabschutz ist der Zustand nach Realisierung des Vorhabens Rhesi. Die Pfeiler P2 und P3 befinden sich im zukünftigen Sohlenbereich und der Pfeiler P1 ist in den linksufrigen Blocksatz eingebunden.

Aus Bild 17 sind der Grundriss und die Ansicht des Pfeilers P2 ersichtlich (Pfeiler P3 ist identisch). Die Oberkante des Pfeilerfundaments befindet sich mit 396.60 m ü.M. 0.5 m tiefer als die Sohle des maximal zu erwartenden morphologischen Kolks (397.10 m ü.M.).

Die Fundamentplatte ragt im Oberwasser 4.0 m über den Pfeiler hinaus und seitlich um je 2.0 m. Alle Pfeiler sind 1 m breit. Damit werden die Anforderungen an die Abmessungen der Fundamentplatte, die zum Verhindern eines Pfeilerkolks erforderlich sind (Kapitel 5.2.1), erreicht oder übertroffen. Mit einer Reserve von ≥ 1 m bei der Ausdehnung der Fundamentplatte ist davon auszugehen, dass sich kein Pfeilerkolk entwickeln kann und weiterführende Massnahmen nicht nötig sein dürften.

Beim Übergang von der glatten Fundamentplatte zur kiesigen Flusssohle kann die Flusssohle infolge Wirbelbildung maximal 0.3 - 0.5 m tiefer liegen (Bild 18).

P2 1:400

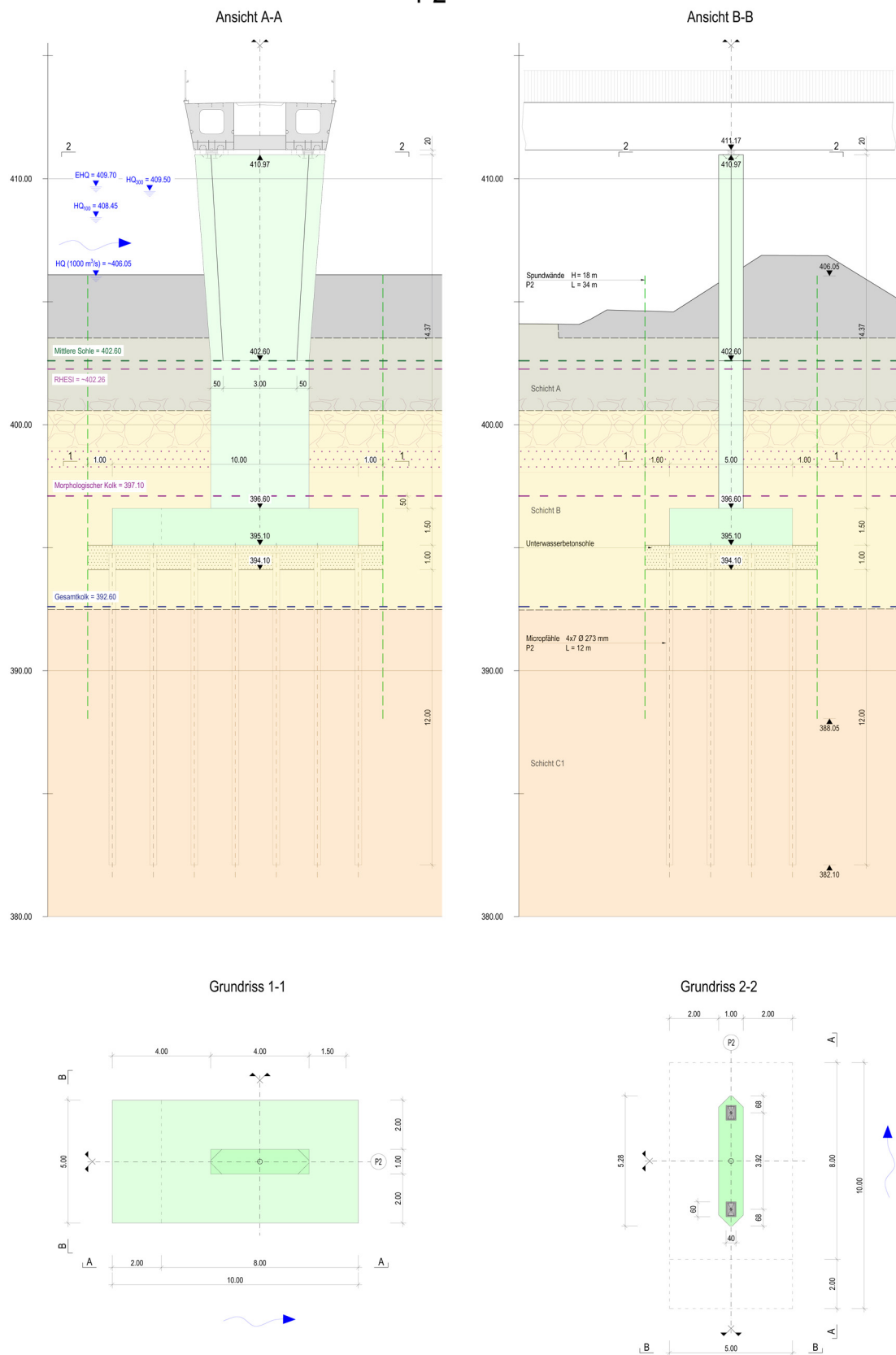


Bild 17 Ansicht und Grundriss des Pfeilers P2 der geplanten FVV-Brücke Au - Lustenau [15].

6 Bau der Brücke

6.1 Bauablauf

In den Sommermonaten, in denen mit Hochwasser zu rechnen ist, finden nur Arbeiten ausserhalb des Fliessquerschnitts statt (z.B. Abdichtung Belag, Installation Geländer). Die Vorbereitungsarbeiten an Pfeiler und Widerlager, die landseitig der Mittelwuhren angeordnet sind, ohne Schwächung der heutigen Dämme starten im September. Im Zeitraum von September bis November werden folgende Tätigkeiten ausgeführt:

- Baupisten (ohne Querschnittsreduktion)
- Spundwandarbeiten
- Voraushub innerhalb der Spundwandkastenkonstruktion
- Pfahlarbeiten

Diese Arbeiten können in Zeitraum von 24 Stunden mit Räumung sämtlicher Installationen im Gerinnebereiches eingestellt werden. Hierfür wird eine entsprechendes Alarmdispositiv erstellt.

Im Zeitraum von November bis Februar werden die Stahlbetonarbeiten an den Foundationen, Pfeilern und Widerlagern ausgeführt.

Die vorgefertigten Brückenelemente werden im Januar angeliefert und im Vorlandbereich zusammengeschweisst und für die Montage mittels Raupen- bzw. PneuKran vorbereitet. Die Montage wird bis Ende April abgeschlossen sein. Daher ist während des Baus die Wassergefahr auf den Vorländern relevant. Betrachtungen zur Hochwassersicherheit für das Umland sind nicht erforderlich.

6.2 Wassergefahr während des Baus

Die Baumassnahmen (Pfeiler und deren Fundamente, Installation Kran) in der ersten Phase betreffen nur die Vorländer. Massnahmen in der Sohle des Hauptgerinnes (Blockteppich als Kolksschutz) werden in einer zweiten Phase im Rahmen des Projekts Rhesi umgesetzt.

Mit Hilfe des 1d-Modells wurde der Abfluss, ab dem die Mittelwuhren im Bestand überströmt werden, ermittelt. Dieser Abfluss beträgt rund $1'300 \text{ m}^3/\text{s} \triangleq \text{HQ}_2$, unter Berücksichtigung eines Freibords von 0.5 m. Der bordvolle Abfluss beträgt rund $1'700 \text{ m}^3/\text{s} \triangleq \text{HQ}_5$ (Bild 19).

Für die Beurteilung der Überflutungshäufigkeit der Vorländer in den Wintermonaten (November bis Mai) wurden die Daten der Abflussmessstation Diepoldsau (Rietbrücke 2473; km 78.0) ausgewertet.

In Bild 20 sind die mittleren Stundenwerte im Zeitraum von 1980 bis 2019 dargestellt. In der Messperiode ist der Abfluss in den Monaten **Dezember – April** deutlich geringer als $1'300 \text{ m}^3/\text{s}$. Somit ist es unwahrscheinlich, dass der Grenzwert während des Baus erreicht oder überschritten wird.

In den Monaten **November** bzw. **Mai** wurde in der Messperiode der Abfluss von $1'300 \text{ m}^3/\text{s}$, jeweils während eines Hochwasserereignisses (vgl. Bild 21 und Bild 22) erreicht oder überschritten. Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass während des Baus in den Monaten November und Mai das Vorland geflutet wird.

Wir empfehlen die Erstellung eine Alarm- und Notfallkonzepts, indem insbesondere die Gefahr der Flutung der Vorländer berücksichtigt wird.

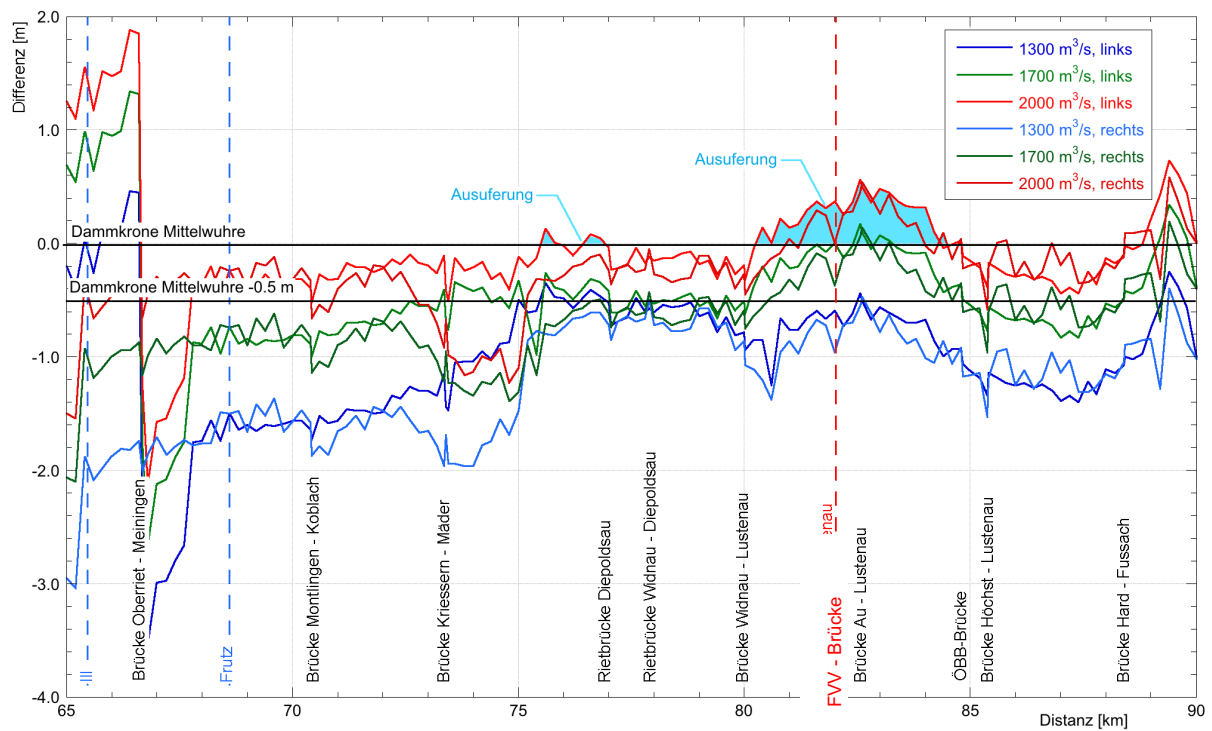


Bild 19 Längsprofil zwischen km 65 und km 90. Differenz der Wasserspiegel bei den Abflüssen $HQ_2 = 1'300 \text{ m}^3/\text{s}$, $HQ_5 = 1'700 \text{ m}^3/\text{s}$ und $HQ_{10} = 2'000 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Dammkrone der Mittelwuhren (links und rechts).

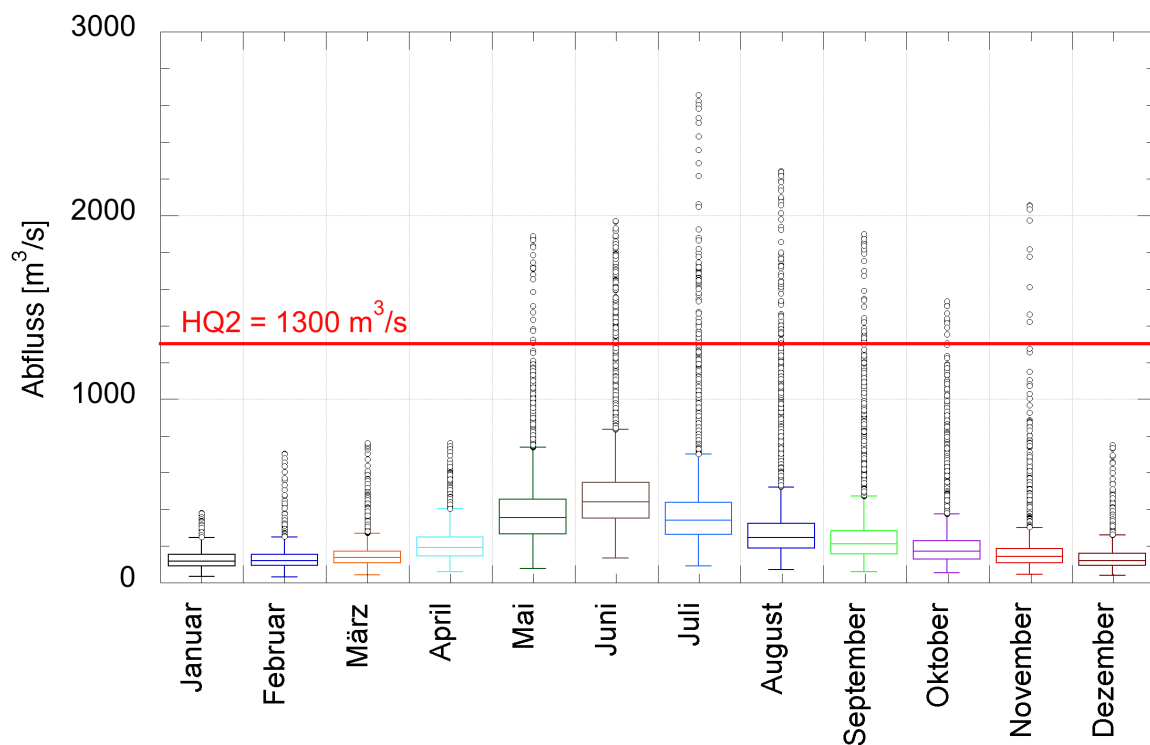


Bild 20 Stundenmittelwerte des Abflusses für den Zeitraum 1980 – 2019 (BAFU-Messstation Rhein Diepoldsau). Boxplot: 25 % bzw. 75 % Quartil, Median und Ausreisser = 1,5 IQR.

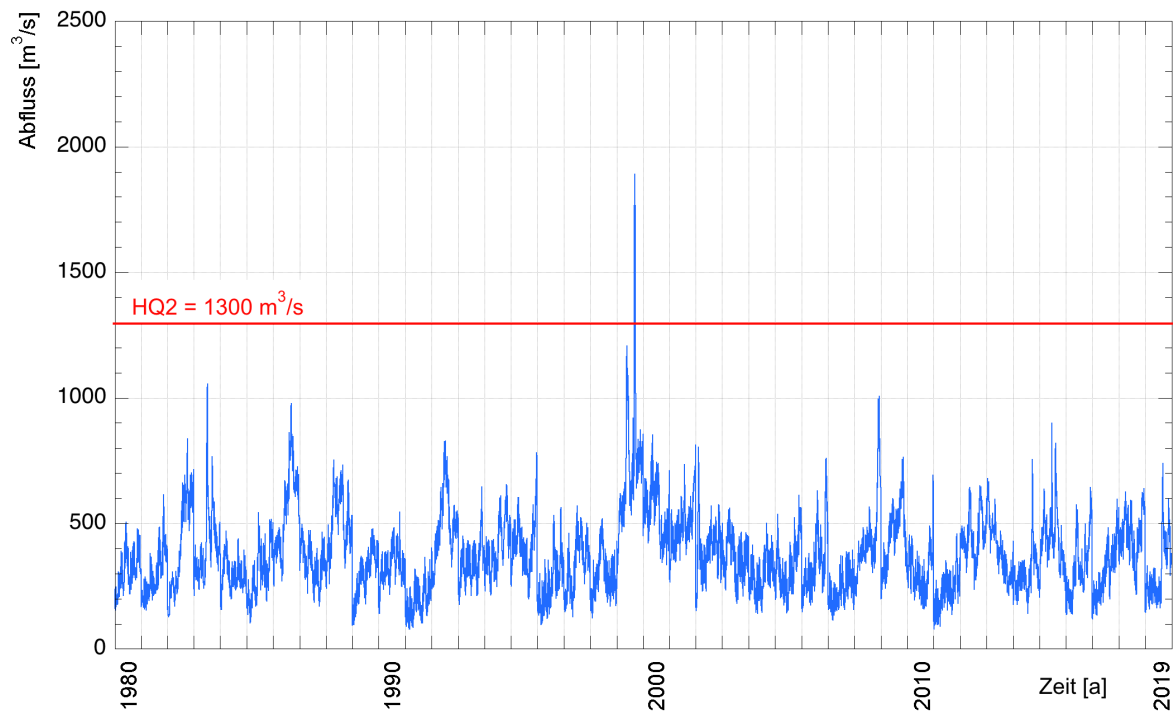


Bild 21 Abflussganglinie 1980 - 2019 (nur Abflüsse Monat Mai dargestellt, BAFU-Messstation Rhein Diepoldsau)

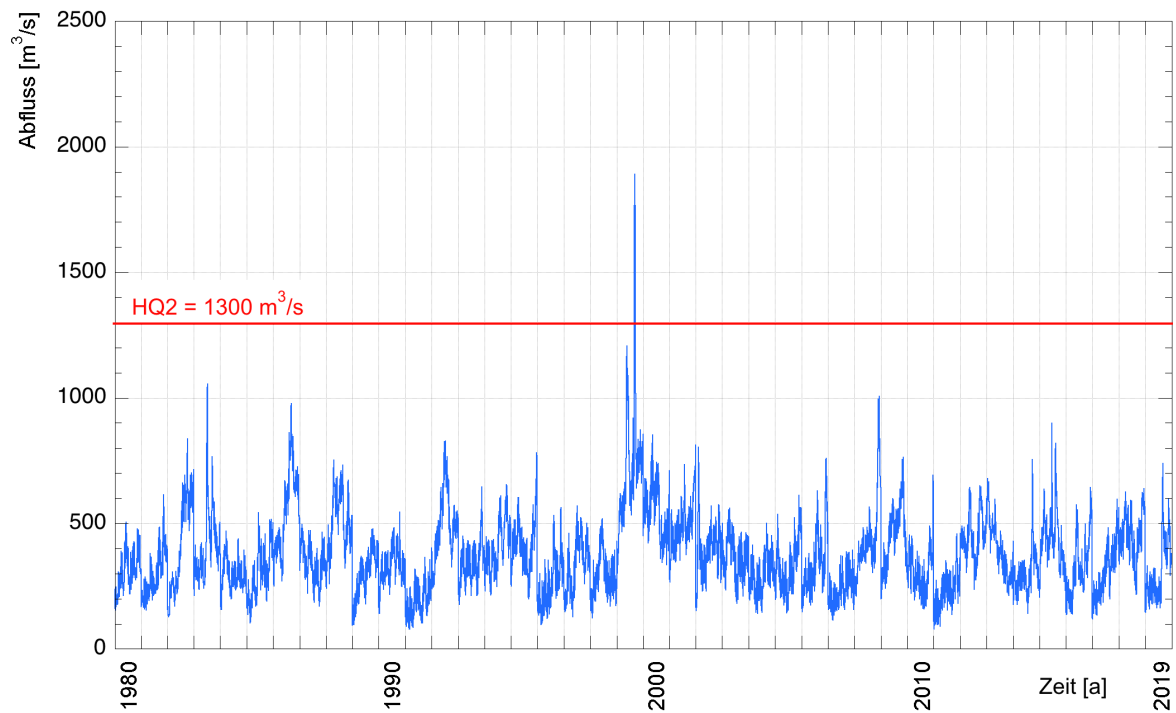


Bild 22 Abflussganglinie 1980 - 2019 (nur Abflüsse Monat November dargestellt, BAFU-Messstation Rhein Diepoldsau).

7 Zusammenfassung

Bei der Konstruktion der Fuss- und Veloverkehrsbrücke Au - Lustenau am Standort Oberfahrsind aus Sicht Hochwasserschutz folgende Randbedingungen massgebend:

- *Minimal erforderlicher Freibord unter der Brücke*
Die Unterkante der Brücke darf nicht tiefer als **410.56 m ü. M.** liegen. Massgebend ist der Zustand nach Umsetzung des Projekts Rhesi.
- *Hochwasserschutz Dämme im Bestand*
Der linksseitige Hochwasserschutzdamm weist bereits im Bestand ein kleines Schutzdefizit auf (reduzierter Freibord von min. 0.87 m bei HQ₁₀₀). Mit der FVV-Brücke wird der Freibord auf minimal 0.66 m reduziert (Verklausung Brückenpfeiler und Aufstau Wasserspiegel in den Vorländern). Dementsprechend sollte der linksseitige Hochwasserdamm entsprechend angehoben werden.
Rechtsseitig ist der Hochwasserdamm ausreichend hoch.
- *Hochwasserschutz Dämme mit Rhesi*
Mit Rhesi werden die Hochwasserdämme neu erstellt und angehoben. Der leichte Wasserspiegelanstieg im Oberwasser infolge Verklausung der Brückenpfeiler ist kleiner als die erforderlichen (zusätzlichen) Dammanhebungen in Richtung der Brückenoberkanten. Es sind keine weiteren Anpassungen erforderlich.
- *Maximal zu erwartende Kolkiefen und Kolkschutz*
Nach Umsetzung des Projekts Rhesi wird sich ein pendelndes Hauptgerinne mit Bänken und morphologischen Kolken bilden. Die morphologischen Kolke können eine Tiefe von 371.10 m ü.M. erreichen. Zusätzlich kann sich vor dem Pfeiler aufgrund der abtauchenden Strömung ein Pfeilerkolk ausbilden, der eine Tiefe von 362.60 m ü.M. erreichen kann.
Mit der geplanten Lage und Grösse der Pfeilerfundamente kann die Bildung eines Pfeilerkolkes verhindert werden. Die Oberkante der Fundamentplatten (Pfeiler P2 und P3) befinden sich 0.5 m tiefer als der morphologische Kolk und die seitliche Auskragung der Platten (2 - 4 m) ist grösser als der Pfeilerdurchmesser von 1 m. Eine weitergehende Sicherung der Sohle dürfte damit nicht erforderlich werden.
Das Bauprojekt entsprechend Bild 17 erfüllt die Anforderungen an den Kolkschutz.
- *Auf Pfeiler wirkende Kräfte*
Die statische Bemessung der Pfeiler ist unter der Annahme vorzunehmen, dass der Lastfall hydrodynamischer Druck in Kombination mit einem der beiden Lastfälle Teilverklausung oder Anprall Baumstamm auftritt.
Es ist zu berücksichtigen, dass die Pfeiler im Zustand nach Umsetzung von Rhesi schräg angeströmt werden können.
- *Randbedingungen Bauphase*
In den Monaten **Dezember – April** ist es unwahrscheinlich, dass die Vorländer geflutet werden. In den Monaten **November** bzw. **Mai** kann nicht ausgeschlossen werden, dass das Vorland geflutet wird. Wir empfehlen die Erstellung eines Alarm- und Notfallkonzepts, indem insbesondere die Gefahr der Flutung der Vorländer berücksichtigt wird.